

845 直流機電機子コイルのインダクタンスの検討

山村 龍男 齊藤 兆古 早野 誠治 稲葉 久夫
(法政大学 工学部)

1. 緒言

整流子とブラシの機械的接触によって電機子コイル中の電流を反転させる「整流作用」には、種々の過渡的要素が含まれ、その解析は複雑である。従来から、同一スロット中のコイルが連続的に整流される時、最後のコイルの整流が終了する際に最も火花が発生しやすい事が知られている。これを説明する方法として、各コイルの整流終了時のインダクタンス(実効インダクタンス)を測定し、この実効インダクタンスが整流順序によって異なるという事がある⁽¹⁾。本報告では、この実効インダクタンスが巻線形式あるいは補極形状等に影響される事を考えるため、実効インダクタンスの測定結果を交流ブリッジにより直接測定した各インダクタンスを使用して、簡単な検討を試みる。

2. 本論

供試機は、他励発電機であり、主な仕様を表1に示す。電機子コイル電流、電圧を、オシロスコープで観測するため、サーチコイルが電機子コイルに沿って組み込まれている。補極には添加励磁回路が設けられており、実効インダクタンスの測定はこれを使用して補極のみを励磁し、コイルの状態の簡単化のためブラシを1個のみとし、駆動電動機で回転する。すると補極磁束のためにコイルに誘起した電圧は、ブラシにより短絡され、短絡終了時にリアクタンス電圧を発生する。この時次式が成り立つ。

$$e_r = -L_s \frac{di_1}{dt} - \sum_n M_n \frac{di_n}{dt} \quad \text{--- (1)}$$

(1)式で、ブラシの整流子セグメントカバー数が3で、3コイル/スロットであるとするれば、 i_1 が短絡を終る瞬間 i_2 、 i_3 は表1図に示すように、 i_1 の時間に対する変化率と比較して充分小さい変化率であると考えられる。さらにこの時、隣接するスロット中のコイル4が短絡開始となり、 i_4 が流れ始めるので(1)式から、表1図の e_{re} は

$$e_{re} = -\left(L_s \frac{di_1}{dt} + M_2 \frac{di_2}{dt}\right) \quad \text{--- (2)}$$

となる。(2)式より実効インダクタンスは、コイル1について、

$$L_1 = L_s - M_2 \frac{di_2}{di_1} \doteq \frac{e_{re}}{\frac{\Delta i_1}{\Delta T}} \quad \text{--- (3-1)}$$

コイル2について

$$L_2 = L_s - M_2 \frac{di_3}{di_2} \doteq \frac{e_{re}}{\frac{\Delta i_2}{\Delta T}} \quad \text{--- (3-2)}$$

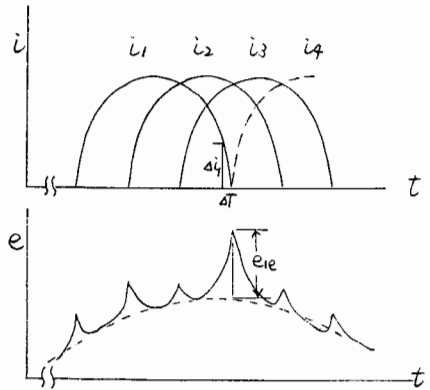
となる。一方、ブラシの整流子セグメントカバー数が2の場合、同様にしてコイル1,2について次のようになる。

$$L_1 = L_s - M_1 \frac{di_3}{di_1} \doteq \frac{e_{re}}{\frac{\Delta i_1}{\Delta T}} \quad \text{--- (4-1)}$$

$$L_2 = L_s - M_2 \frac{di_4}{di_2} \doteq \frac{e_{re}}{\frac{\Delta i_2}{\Delta T}} \quad \text{--- (4-2)}$$

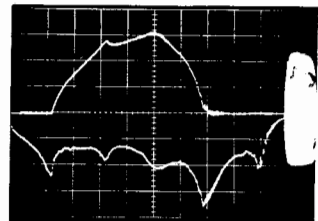
表1

定格	1.5 [Kw]
コイル	おとし込みによる重ね巻き
	$y_6 = 38, y_f = 37, y = 1$
スロット当りコイル数	3
ブラシの整流子セグメントカバー数	約3枚



電流変化とリアクタンス電圧

表1図



補極励磁 20 [A] H: 0.5 [mag/cm]
回転数 820 [r.p.m] VCHI: 20 [mV/cm]
2: 5.0

表2図

ここで、 L_s はコイルの自己インダクタンス、 M_1 は同スロット中コイル間の相互インダクタンス、 M_2 は隣接スロットコイル間の相互インダクタンスである。

(3-1)式~(4-2)式で、全てのコイルの電流波形が同じであると仮定すれば、 $M_1 > M_2$ であるから、ブラシのセグメントカバー数3の場合、コイル1,2の実効インダクタンスは同程度の値を持つ事がわかる。また、セグメントカバー数2の場合 $L_s - M_1 < L_s - M_2$ であるから、 $L_2 > L_1$ である事が説明される。実際に前述の実験方法によってセグメントカバー数3の場合について測定すると、伏試機では

$L_1 \approx 6 [\mu H]$, $L_2 \approx 6.8 [\mu H]$ という値を得た。実測例を Fig. 2 に示す。(コイル2)

ここで、 $L_1 < L_2$ を検討するために交流ブリッジによって、 L_s, M_1, M_2 を測定する。整流子セグメントに端子を取り付け、 Fig. 3 のように考え行なう。並列回路はことなるが当該コイル回路に比べ裏側回路はインピーダンスが高く、無視できるものとした。この結果を Fig. 4 に示す。

Fig. 1 式ではインダクタンスの変化を無視しているから、 Fig. 4 のインダクタンスは各々の位置に対応する値を考える事になる。(実際に、短絡終了時あるいは開始時においては、電流が小さいから $i \frac{dL_i}{dt}$ 等の項は無視できると考えられる。)

(3-1)及び(3-2)式で、実験により求めた電流の時間に対する変化率及び、 Fig. 4 の実測から求めたインダクタンスを代入して計算した結果の実効インダクタンスは、

$L_1 \approx 8.2 [\mu H]$, $L_2 \approx 8.6 [\mu H]$ であった。

3. 結言

本報告では、実効インダクタンスがブラシの整流子セグメントカバー数によって異なる事を、定性的に説明を行ない、さらに実測したインダクタンスを用いて定量的な説明を試みた。その結果、コイルの自己インダクタンスが位置によって変化する事も、実効インダクタンスに影響するという結論を得た。

参考文献

- (1) 山村, 山崎: 直流機に現われるブラックバーの原因とその対策 電学誌 Vol. 76 No. 743 (昭和31年)

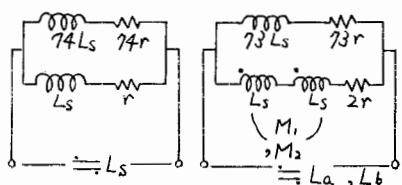
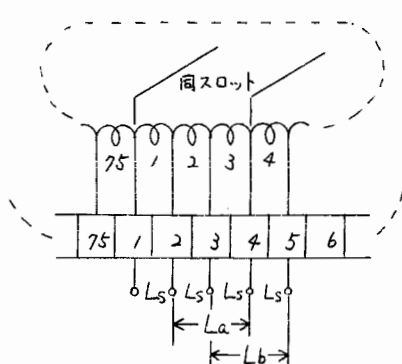


Fig. 3

L_s : コイル自己インダクタンス
 L'_s : 隣接スロットコイル自己インダクタンス
 M_1 : 同スロット中コイル間相互インダクタンス
 M_2 : 隣接スロットコイル間相互インダクタンス

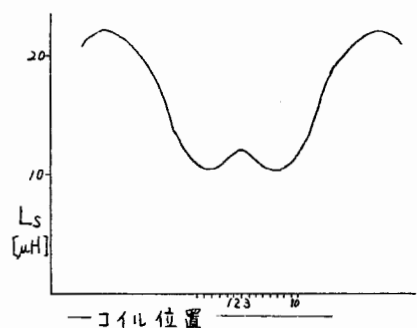
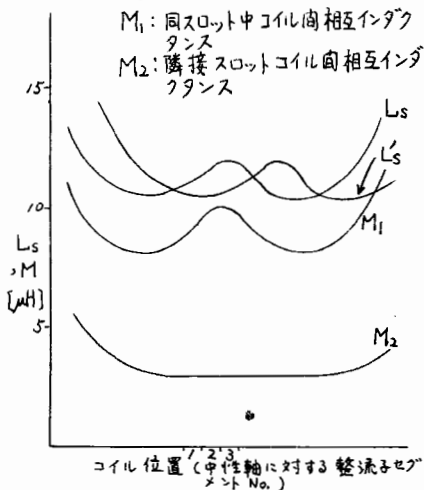


Fig. 4